



**Bescheinigung**

09/508057

REC'D	30 OCT 1998
WIPO	PCT

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Die Hoechst Aktiengesellschaft in Frankfurt am Main/  
Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Herstellung von Metalloenen" 41

am 11. September 1997 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die Anmeldung ist auf die Targor GmbH in Mainz/Deutschland  
umgeschrieben worden.

Das angeheftete Stück ist eine richtige und genaue Wieder-  
gabe der ursprünglichen Unterlage dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig das Symbol  
C.07 F 17/00 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 20. August 1998  
Der Präsident des Deutschen Patentamts  
Im Auftrag

Patentzeichen: 197 39 946.0

Rixner

## Beschreibung

## 5 Verfahren zur Herstellung von Metallocenen

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Metallocenen.

10 Metallocene können, gegebenenfalls in Kombination mit einem oder mehreren Co-Katalysatoren, als Katalysatorkomponente für die Polymerisation und Co-Polymerisation von Olefinen verwendet werden. Insbesondere werden als Katalysatorvorstufen halogenhaltige Metallocene eingesetzt, die sich beispielsweise durch ein Alumoxan in einen polymerisationsaktiven kationischen Metallocenkomplex überführen lassen (EP-A-129368).

15 Metallocene sind nicht nur hinsichtlich der Polymerisation von Olefinen von großem Interesse, sie können auch als Hydrier-, Epoxidierungs-, Isomerisierungs- und C-C-Kupplungskatalysatoren eingesetzt werden (Chem. Rev., 92 (1992), 965-994).

20 Die Herstellung von Metallocenen ist an sich bekannt (US 4,752,597; US 5,017,714; EP-A-320762; EP-A-416815; EP-A-537686; EP-A-669340; H.H. Brintzinger et al., Angew. Chem., 107 (1995), 1255; H.H. Brintzinger et al., J. Organomet. Chem. 232 (1982), 233). Dazu können zum Beispiel Cyclopentadienyl-Metall-Verbindungen mit Halogeniden von Übergangsmetallen wie Titan, Zirkonium, Hafnium, Vanadium, Niob, Tantal, Chrom, Molybdän, Cer, Thorium oder Uran eingesetzt werden.

25 Literaturbekannt ist weiterhin, daß Metallocene beispielsweise durch Reaktion von Cyclopentadienen mit Amiden der Gruppe 4 des Periodensystems der Elemente (PSE) erhalten werden können (US 5,597,935; R.F. Jordan et al., Organometallics, 15 (1996), 4030).

30 Es stellte sich die Aufgabe, ein Verfahren zur Herstellung von Metallocenen zu finden, das eine größere Anwendungsbreite besitzt und z.B. auch für die Darstellung von hochsubstituierten, sterisch anspruchsvollen Metallocenen geeignet ist.

Überraschenderweise wurde nun gefunden, daß diese Aufgabe durch Verwendung von speziellen Addukten der Formel (I) gelöst wird.

5 Gegenstand der Erfindung ist somit ein Verfahren zur Herstellung eines Metallocens, wobei eine Ligand-Ausgangsverbindung mit einem Addukt der Formel (I) umgesetzt wird,



10

worin  $M^i$  ein Metall der Gruppe 3, 4, 5 oder 6 des Periodensystems der Elemente (PSE) oder ein Element der Gruppe der Lanthanide oder Actinide bedeutet, bevorzugt Titan, Zirkonium oder Hafnium, besonders bevorzugt Zirkonium, X gleich oder verschieden, Halogen,  $C_1-C_{10}$ -Alkoxy,  $C_6-C_{10}$ -Aryloxy,  $C_1-C_{10}$ -Alkylsulfonat wie Mesylat, Triflat, Nonatlat,  $C_6-C_{10}$ -Arylsulfonat wie Tosylat, Benzolsulfonat,  $C_1-C_{10}$ -Alkylcarboxylat wie Acetat, Formiat, Oxalat oder 1,3-Dicarbonylat wie Acetylacetonat oder fluoriertes 1,3-Dicarbonylat ist, insbesondere Chlor, Brom, besonders bevorzugt Chlor,

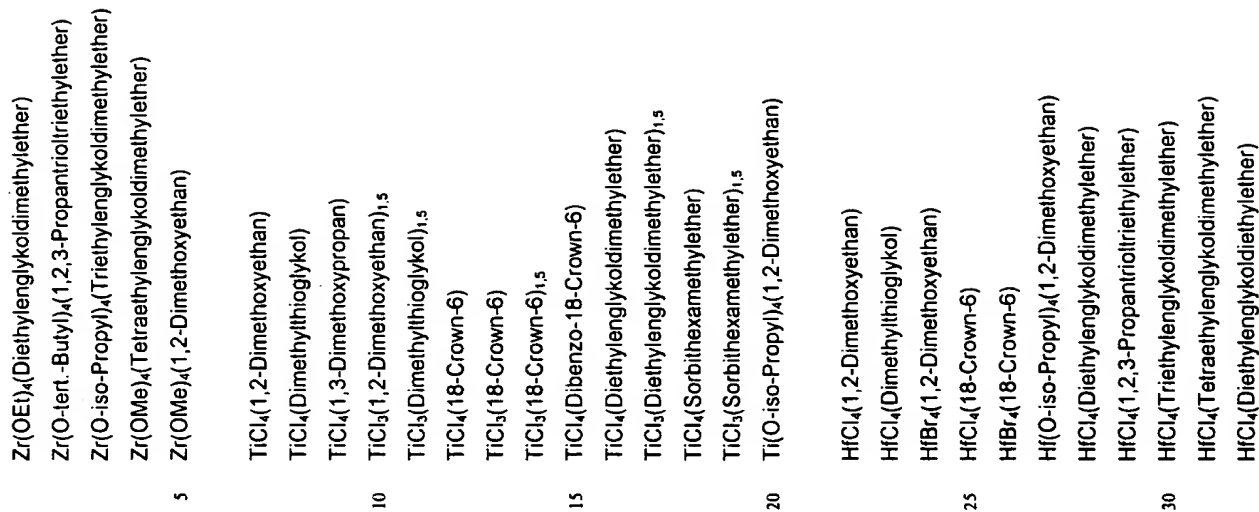
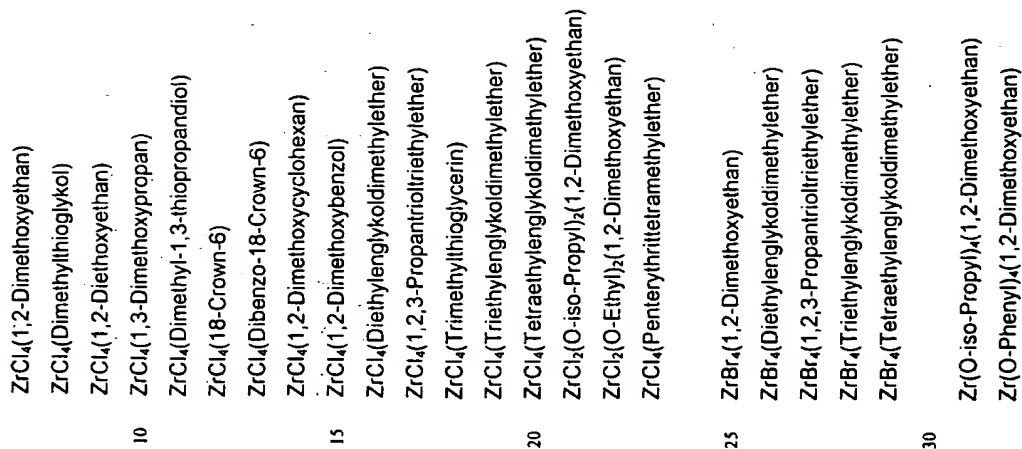
15 n eine ganze Zahl ist und gleich 2, 3, 4, 5 oder 6 ist und der Oxidationszahl des Metalls  $M^i$  entspricht,

20 a eine ganze oder gebrochene Zahl ist und  $0 < a \leq 4$  ist, und a liegt bevorzugt zwischen 0,5 und 2,5 und ist insbesondere 1, 1,5 oder 2, und D ein linearer, cyclischer oder verzweigter und mindestens zwei Sauerstoffatome enthaltender Oligo- oder Polyether bzw. ein mindestens zwei Schwefelatome enthaltender Oligo- oder Polythioether ist, beispielsweise Dimethoxymethan, Diethoxymethan, 1,2-Dimethoxyethan, 1,2-Diethoxyethan, 1,1,2,2-Tetramethoxyethan, Pentaerythritoltriamethyl-ether, Sorbithexamethyl-ether, Diethylenglykoldimethyl-ether, Diethylenglykoldiethyl-ether 1,2,3-Propantrioltrimethyl-ether, 1,2,3-Propantrioldiethyl-ether, Triethylenglykoldimethyl-ether, Tetraethylenglykoldimethyl-ether, 1,3-Pentaethylenglykoldimethyl-ether, Polyethylenglykoldimethyl-ether, 1,3-Propandiolmethyl-ether, 1,2-Dimethoxycyclohexan, 1,2-Dimethoxybenzol,

30

Kronenether wie 18-Crown-6, Dibenzo-18-crown-6, 15-Crown-5, 12-Crown-4, Dimethylthioglykol, Trimethylthioglycerin, Thia-18-Crown-6, Dimethylethylthioglykol, insbesondere 1,2-Dimethoxyethan.

5 Erläuternde, die Erfindung jedoch nicht einschränkende Beispiele für Addukte der Formel (I) sind:



$\text{CrCl}_3(1,2\text{-Dimethoxyethan})$

$\text{CrCl}_3(18\text{-Crown-6})$

$\text{MoCl}_5(1,2\text{-Dimethoxyethan})$

$\text{MoCl}_5(1,2\text{-Dimethoxyethan})$

$\text{MoCl}_4(\text{Dibenzo-18-Crown-6})$

$\text{VCl}_3(1,2\text{-Dimethoxyethan})$

$\text{VCl}_4(1,2\text{-Dimethoxyethan})$

$\text{Vl}_3(1,2\text{-Dimethoxyethan})$

$\text{VF}_4(1,2\text{-Dimethoxyethan})$

$\text{NbCl}_4(1,2\text{-Dimethoxyethan})$

$\text{NbCl}_4(18\text{-Crown-6})$

$\text{TaCl}_4(1,2\text{-Dimethoxyethan})$

$\text{TaCl}_4(18\text{-Crown-6})$

$\text{CeCl}_3(1,2\text{-Dimethoxyethan})$

$\text{NdCl}_3(1,2\text{-Dimethoxyethan})$

$\text{ThCl}_4(1,2\text{-Dimethoxyethan})$

$\text{UCl}_4(1,2\text{-Dimethoxyethan})$

20 Addukte der Formel (I) können aus Übergangsmetallverbindungen der Formel (Ia) hergestellt werden,



25 wobei  $\text{M}^1$ , X und n dieselbe Bedeutung haben wie in Formel (I), durch Umsetzung mit einem Oligo- oder Polyether bzw. einem Oligo- oder Polythioether D, D ist ein linearer, cyclischer oder verzweigter und mindestens zwei Sauerstoffatome enthaltender Oligo- oder Polyether bzw. ein mindestens zwei Schwefelatome enthaltender Oligo- oder Polythioether ist, beispielsweise Dimethoxymethan, Diethoxymethan, 1,2-Dimethoxyethan, 1,2-Diethoxyethan, 1,1,2,2-Tetramethoxyethan, Pentaerythritramethylether, Sorbitexamethylether, Diethylenglykoldimethylether, Diethylenglykoldiethylether 1,2,3-

Propantrioltrimethylether, 1,2,3-Propantrioltriethylether,

Triethylenglykoldimethylether, Tetraethylenglykoldimethylether,

Pentaethylenglykoldimethylether, Polyethylenglykoldimethylether, 1,3-

Propandioldimethyl-ether, 1,2-Dimethoxycyclohexan, 1,2-Dimethoxybenzol,

5 Kronenether wie 18-Crown-6, Dibenzo-18-crown-6, 15-Crown-5, 12-Crown-4,

Dimethylthioglykol, Trimethylthioglycerin, Thia-18-Crown-6,

Dimethylethylenthio glykol, insbesondere 1,2-Dimethoxyethan in einem inerten

Solvens dargestellt.

10 Die Addukte der Formel (I) können separat synthetisiert und isoliert oder während der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Metallocenherstellung generiert werden. Das molare Verhältnis von Metall  $\text{M}^1$  zu Oligo-/Polyether bzw. Oligo-/Polythioether bei dieser Umsetzung liegt im allgemeinen zwischen 100 und 0,01, bevorzugt zwischen 10 und 0,5.

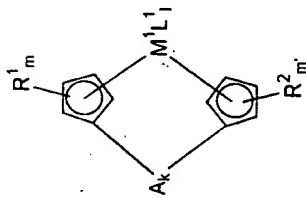
15 Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren können verschiedene Metallocentypen hergestellt werden, beispielsweise verbrückte oder unverbrückte

Biscyclopentadienylkomplexe, wie sie z.B. in EP 129 368, EP 561 479, EP 545 304 und EP 576 970 beschrieben sind, Monocyclopentadienylkomplexe wie verbrückt

20 Amidocyclopentadienylkomplexe, die z.B. in EP 416 815 beschrieben sind, mehrkernige Cyclopentadienylkomplexe wie in EP 632 063 beschrieben,  $\pi$ -Ligand substituierte Tetrahydropentalene wie in EP 659 758 beschrieben oder  $\pi$ -Ligand substituierte Tetrahydroindene wie in EP 661 300 beschrieben.

25 Bevorzugt hergestellt werden Metallocene der Formel (II),

7



(II)

worin  $M^1$  ein Übergangsmetall der Gruppen 3, 4, 5 oder 6 des Periodensystems der Elemente, oder ein Lanthaniden- oder Actinidenmetall ist, bevorzugt Zirkonium, Hafnium, Titan,

5

$L^1$  gleich oder verschieden sind und ein Halogenatom, bevorzugt Chlor, eine  $C_1$ - $C_{20}$ -kohlenstoffhaltige Gruppe bedeuten, wie beispielsweise eine  $C_1$ - $C_{20}$ -Alkoxygruppe oder eine  $C_1$ - $C_{20}$ -Aryloxygruppe, und  $L^1$  miteinander ein Ringsystem mit  $M^1$  bilden können,

10

$L$  eine ganze Zahl von 1 bis 4 ist, bevorzugt 2 oder 3, insbesondere 2,

$R^1$  und  $R^2$  unabhängig voneinander gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, Halogen, eine  $C_1$ - $C_{40}$ -kohlenstoffhaltige Gruppe wie ( $C_1$ -

$C_{20}$ )Alkyl, insbesondere eine Methylgruppe, Ethylgruppe, Propyl, Isopropyl, Butyl, sec.-Butyl, tert.-Butyl, Cyclohexyl, ( $C_6$ - $C_{24}$ )Aryl, das seinerseits substituiert sein

kann, insbesondere eine Phenyl- oder Naphthylgruppe, ( $C_2$ - $C_{24}$ )Heteroaryl wie

15

Pyridyl, Furyl, Thienyl, Pyrimidyl, Chinolyl, ( $C_1$ - $C_{10}$ )Alkoxy, ( $C_2$ - $C_{10}$ )Alkenyl, ( $C_7$ - $C_{20}$ )Arylalkyl, ( $C_7$ - $C_{20}$ )Alkylalkyl, ( $C_6$ - $C_{18}$ )Aryloxy, ( $C_1$ - $C_{10}$ )Halogenalkyl, ( $C_6$ -

$C_{10}$ )Halogenaryl, ( $C_2$ - $C_{10}$ )Alkyl,  $C_3$ - $C_{20}$ -Alkylsilyl- wie Trimethylsilyl, Triethylsilyl, tert.-Butyldimethylsilyl, Triisopropylsilyl,  $C_3$ - $C_{20}$ -Arylsilyl- wie Triphenylsilyl, oder  $C_3$ -

$C_{20}$ -Alkylarylsilyl- wie Dimethylphenylsilyl, Diphenylmethylsilyl oder Diphenyl-tert.-butylsilyl bedeuten und  $R^1$  und  $R^2$  jeweils mit den sie verbindenden Atomen des

20

Cyclopentadienylringes ein mono- oder polycyclisches  $C_3$ - $C_{25}$ -Ringsystem bilden können, insbesondere ein Indenyl-, Fluorenyl-, Benzindenyl oder Acenaphthindenyl-

8

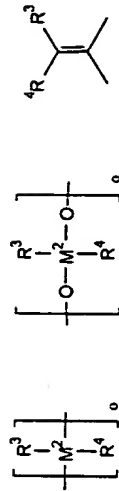
System, welches seinerseits substituiert sein kann, und  $R^1$  und  $R^2$  jeweils mit A ein Ringsystem bilden können,

m gleich 5 für  $k = 0$  und m gleich 4 für  $k = 1$  ist,

$m'$  gleich 5 für  $k = 0$  und  $m'$  gleich 4 für  $k = 1$  ist,

5

k gleich Null oder 1 ist, wobei für  $k = 0$  ein unverbrücktes Metalloccen, für  $k = 1$  ein verbrücktes Metalloccen vorliegt,



10

oder  $=BR^3$ ,  $AlR^3$ ,  $-S-$ ,  $-SO-$ ,  $-SO_2-$ ,  $=NR^3$ ,  $=PR^3$ ,  $=P(O)R^3$ , o-Phenylen, 2,2'-Biphenylen,

wobei  $M^2$  Kohlenstoff, Silizium, Germanium, Zinn, Stickstoff oder Phosphor ist,

bevorzugt Kohlenstoff, Silizium oder Germanium, insbesondere Kohlenstoff oder

15

Silizium, und A mit einem oder mehreren Resten  $R^1$  und/oder  $R^2$  ein mono- oder polycyclisches Ringsystem bilden kann,

o gleich 1, 2, 3 oder 4 ist, bevorzugt 1 oder 2,

$R^3$  und  $R^4$  unabhängig voneinander gleich oder verschieden ein Wasserstoffatom, Halogen, eine  $C_1$ - $C_{20}$ -kohlenstoffhaltige Gruppe wie ( $C_1$ - $C_{20}$ )Alkyl, insbesondere

20

eine Methylgruppe, ( $C_6$ - $C_{14}$ )Aryl, insbesondere eine Phenyl- oder Naphthylgruppe, ( $C_1$ - $C_{10}$ )Alkoxy, ( $C_2$ - $C_{10}$ )Alkenyl, ( $C_7$ - $C_{20}$ )Arylalkyl, ( $C_7$ - $C_{20}$ )Alkylalkyl, ( $C_6$ -

$C_{10}$ )Aryloxy, ( $C_1$ - $C_{10}$ )Fluoralkyl, ( $C_6$ - $C_{10}$ )Halogenaryl, ( $C_2$ - $C_{10}$ )Alkyl,  $C_3$ - $C_{20}$ -

Alkylsilyl- wie beispielsweise Trimethylsilyl, Triethylsilyl, tert.-Butyldimethylsilyl,  $C_3$ -

25

$C_{20}$ -Arylsilyl- wie beispielsweise Triphenylsilyl, oder  $C_3$ - $C_{20}$ -Alkylarylsilyl- wie beispielsweise Dimethylphenylsilyl, Diphenylsilyl oder Diphenyl-tert.-butylsilyl

bedeuten und  $R^3$  und  $R^4$  ein mono- oder polycyclisches Ringsystem bilden können.

Erläuternde, die Erfindung jedoch nicht einschränkende Beispiele für Metalloccene sind:

Dimethylsilandiyl-bis-(indenyl)-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-(2-methyl-indenyl)-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-(2,4,6-trimethyl-indenyl)-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-(2,5,6-trimethyl-indenyl)-zirkoniumdichlorid  
 5 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2-naphthyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-mesityl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 10 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2-methyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2,3-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2,5-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 15 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2,6-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2,3,5-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2,3,5-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 20 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2-biphenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(4-biphenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(3,5-diphenyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(3,5-diisopropyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 25 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2,4,6-trimethoxy-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(4-N,N-dimethylamino-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 30 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(3-N,N-dimethylamino-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid

Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2-N,N-dimethylamino-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(4-trifluormethyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 5 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(3-trifluormethyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2-trifluormethyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(3,5-bis-(trifluormethyl)-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 10 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2,4-bis-(trifluormethyl)-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4,5-benzoindenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl- $\alpha$ -acenaphthindenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 15 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4,6-diisopropyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-ethyl-4-phenyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-ethyl-4-naphthyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-phenyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 20 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(2-naphthyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(4-methyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(3,5-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 25 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(4-trifluormethyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(3,5-bis-(trifluormethyl)-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 30 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(4-methoxy-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(2-furyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid

- Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-cyclohexyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-cyclohexyl-4-phenyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2,4-diphenyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 5 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2,4-dicyclohexyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid
- Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)]-hafniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)]-hafniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-ethyl-4-(naphthyl)-indenyl)]-hafniumdichlorid  
 10 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-mesityl-indenyl)]-hafniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2-methyl-phenyl)-indenyl)]-hafniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2,3-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-hafniumdichlorid  
 Dimethylsilandiyl-bis-[1-(2-cyclohexyl-4-phenyl-indenyl)]-hafniumdichlorid
- 15 Dimethylsilandiylbis(2,3,5-trimethyl-cyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-tert.-butyl-cyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid  
 Dimethylsilandiylbis(fluorenyl)-zirkoniumdichlorid
- Methylphenylsilandiyl-bis[1-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 20 Methylphenylsilandiyl-bis[1-(2-methyl-4-naphthyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Methylphenylsilandiyl-bis[1-(2-methyl-4-(2,3-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid
- Diphenylsilandiyl-bis(1-indenyl)-zirkoniumdichlorid  
 25 Diphenylsilandiyl-bis[1-(2-methyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Diphenylsilandiyl-bis[1-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Diphenylsilandiyl-bis[1-(2-methyl-4-naphthyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Diphenylsilandiyl-bis[1-(2-methyl-4-(2,3-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid
- 30 1,2-Ethandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 1,2-Ethandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid

- 1,2-Ethandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2,3-dimethylphenyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 1,2-Ethandiyl-bis-[1-(2-cyclohexyl-4-phenyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 1,2-Ethandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(3,5-bis(trifluormethyl)phenyl-indenyl))-zirkoniumdichlorid  
 5 1,2-Ethandiyl-bis-(fluorenyl)-zirkoniumdichlorid  
 1,2-Ethandiyl-bis(2,3,5-trimethyl-cyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid  
 1,2-Ethandiyl-bis(2-methyl-4-tert.-butyl-cyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid  
 1,2-Ethandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)]-titandichlorid  
 1,2-Ethandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)]-titandichlorid  
 10 1,2-Ethandiyl-bis-(indenyl)]-titandichlorid  
 1,2-Ethandiyl-bis-(tetrahydro-indenyl)]-titandichlorid
- 1,2-Butandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 1,2-Butandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 15 1,2-Butandiyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2-naphthyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 1,2-Butandiyl-bis-[1-(2-ethyl-4-(3,5-bis(trifluormethyl)phenyl-indenyl))-zirkoniumdichlorid
- Isopropyliden-bis-[1-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 20 Isopropyliden-bis-[1-(2-methyl-4-(2,3-dimethyl-phenyl-indenyl)]-zirkoniumdimethyl  
 Isopropyliden-bis-[1-(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)]-zirkoniumdichlorid  
 Isopropyliden-bis-[1-(2-cyclohexyl-4-phenyl)-indenyl]]-zirkoniumdichlorid  
 Isopropyliden-bis-[1-(2-methyl-4-(3,5-bis(trifluormethyl)phenyl-indenyl))-zirkoniumdichlorid  
 25 Isopropyliden-bis-(fluorenyl)-zirkoniumdichlorid  
 Isopropyliden-(indenyl)-(fluorenyl)-zirkoniumdichlorid  
 Isopropyliden-(cyclopentadienyl)-(fluorenyl)-zirkoniumdichlorid  
 Isopropyliden-(cyclopentadienyl)-(indenyl)-zirkoniumdichlorid  
 Isopropyliden-bis-(2-methyl-4-tert.-butyl-cyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid
- 30 Bis-(cyclopentadienyl)-zirkoniumdichlorid  
 Bis-(n-butyl-cyclopentadienyl)-zirkoniumdichlorid

- Bis-(1,3-dimethylcyclopentadienyl)-zirkoniumdichlorid  
 Bis-(pentamethylcyclopentadienyl)-zirkoniumdichlorid  
 Bis-(indenyl)-zirkoniumdichlorid  
 Bis-(fluorenyl)-zirkoniumdichlorid  
 5 Bis-[2-methyl-4-phenyl-indenyl]-zirkoniumdichlorid  
 Bis-[2-methyl-4-(2,3-dimethyl-phenyl)-indenyl]-zirkoniumdichlorid  
 Bis-[2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl]-zirkoniumdichlorid  
 Bis-[2-methyl-4-mesityl-indenyl]-zirkoniumdichlorid  
 Bis-[2-ethyl-4-(3,5-bis(trifluormethyl)phenyl)-indenyl]-zirkoniumdichlorid  
 10 Bis-[2-cyclohexyl-4-phenyl-indenyl]-zirkoniumdichlorid

[4-( $\eta^5$ -Cyclopentadienyl)-4,6,6-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydropentalenyl)]-zirkoniumdichlorid

[4-( $\eta^5$ -3'-Trimethylsilyl-cyclopentadienyl)-4,6,6-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-

15 tetrahydropentalenyl)]-zirkoniumdichlorid

[4-( $\eta^5$ -3'-Isopropyl-cyclopentadienyl)-4,6,6-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-

tetrahydropentalenyl)]-zirkoniumdichlorid

[4-( $\eta^5$ -Fluorenyl)-4-methyl-6-phenyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydropentalenyl)]-zirkoniumdichlorid

20 [4-( $\eta^5$ -Indenyl)-4-methyl-6-phenyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydropentalenyl)]-

zirkoniumdichlorid

[4-( $\eta^5$ -Cyclopentadienyl)-4,7,7-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydroindenyl)]-zirkoniumdichlorid

[4-( $\eta^5$ -Cyclopentadienyl)-4,7,7-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydroindenyl)]-

25 hafniumdichlorid

[4-( $\eta^5$ -Cyclopentadienyl)-4,7,7-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydroindenyl)]-titandichlorid

[4-( $\eta^5$ -3'-tert.-Butyl-cyclopentadienyl)-4,7,7-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydroindenyl)]-zirkoniumdichlorid

30 [4-( $\eta^5$ -3-Isopropyl-cyclopentadienyl)-4,7,7-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydroindenyl)]-zirkoniumdichlorid

[4-( $\eta^5$ -3'-Trimethylsilyl-cyclopentadienyl)-4,7,7-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydroindenyl)]-zirkoniumdichlorid

[4-( $\eta^5$ -3'-Methyl-cyclopentadienyl)-4,7,7-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydroindenyl)]-zirkoniumdichlorid

5 [4-( $\eta^5$ -3'-Methyl-cyclopentadienyl)-2,4,7,7-tetramethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydroindenyl)]-zirkoniumdichlorid

Dimethylsilandiyl-(tert.-butylamido)-(tetramethyl- $\eta^5$ -cyclopentadienyl)-titandichlorid

1,2-Ethandiyl-(tert.-butylamido)-(tetramethyl- $\eta^5$ -cyclopentadienyl)-titandichlorid

Dimethylsilandiyl-(methylamido)-(tetramethyl- $\eta^5$ -cyclopentadienyl)-titandichlorid

10 1,2-Ethandiyl-(methylamido)-(tetramethyl- $\eta^5$ -cyclopentadienyl)-titandichlorid

Dimethylsilandiyl-(tert.-butylamido)-(2,4-dimethyl-2,4-pentadienyl)-titandichlorid

Tetrachloro-[1-(bis( $\eta^5$ -1H-inden-1-yliden)methylsilyl)-3- $\eta^5$ -cyclopenta-2,4-dien-1-yliden]-3- $\eta^5$ -9H-fluoren-9-yliden)butan]di-zirkonium

15 Für die Herstellung von Metallocenen werden bei dem erfindungsgemäßen

Verfahren Ligandausgangsverbindungen wie Cyclopentadienverbindungen

eingesetzt, beispielsweise Cyclopentadien-, Inden- oder Fluoren-Derivate. Diese

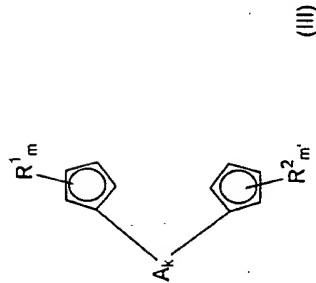
lassen sich mit Basen deprotonieren, und die korrespondierenden Anionen binden

als Liganden an Übergangsmetalle, unter Ausbildung von Metallocenen.

20

Als Ligandausgangsverbindungen zur Herstellung von Metallocenen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren werden bevorzugt Verbindungen der Formel (III) verwendet,





worin A, k, R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, m und m' dieselbe Bedeutung haben wie in Formel (II).

5 Erläuternde, die Erfindung jedoch nicht einschränkende Beispiele für Verbindungen der Formel (III) sind:

- Dimethyl-bis-(indenyl)-silan  
 Dimethyl-bis-(2-methyl-indenyl)-silan  
 Dimethyl-bis-(2,4,6-trimethyl-indenyl)-silan  
 10 Dimethyl-bis-(2,5,6-trimethyl-indenyl)-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2-naphthyl)-indenyl)]-silan  
 15 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-mesityl-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2-methyl-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2,3-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2,5-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2,6-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-silan  
 20 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2,3-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(3,5-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2-biphenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(4-biphenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(3,5-diphenyl)-indenyl)]-silan

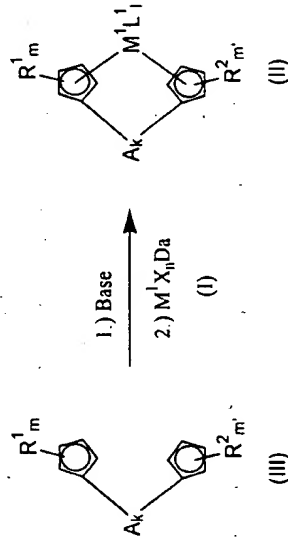
- Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(3,5-diisopropyl-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2,4,6-trimethoxy-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(4-N,N-dimethylamino-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(3-N,N-dimethylamino-phenyl)-indenyl)]-silan  
 5 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2-N,N-dimethylamino-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(4-trifluormethyl-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(3-trifluormethyl-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2-trifluormethyl-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(3,5-bis-(trifluormethyl)-phenyl)-indenyl)]-silan  
 10 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4-(2,4-bis-(trifluormethyl)-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4,5-benzindenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl- $\alpha$ -acenaphthindenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-methyl-4,6-diisopropyl-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-ethyl-4-phenyl-indenyl)]-silan  
 15 Dimethyl-bis-[1-(2-ethyl-4-naphthyl-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-phenyl-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(2-naphthyl)-indenyl)]-silan  
 20 Dimethyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(4-methyl-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(3,5-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(4-trifluormethyl-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(3,5-bis-(trifluormethyl)-phenyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(4-methoxy-phenyl)-indenyl)]-silan  
 25 Dimethyl-bis-[1-(2-isopropyl-4-(2-furyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-cyclohexyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2-cyclohexyl-4-phenyl-indenyl)]-silan  
 Dimethyl-bis-[1-(2,4-diphenyl-indenyl)]-silan  
 30 Dimethyl-bis-[1-(2,4-dicyclohexyl-indenyl)]-silan

- Dimethylbis(2,3,5-trimethyl-cyclopentadienyl)silan  
 Dimethylbis(2-methyl-4-tert.-butyl-cyclopentadienyl)silan  
 Dimethylbis(fluorenyl)-silan
- 5 Methylphenyl-bis[1-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)]-silan  
 Methylphenyl-bis[1-(2-methyl-4-naphthyl-indenyl)]-silan  
 Methylphenyl-bis[1-(2-methyl-4-(2,3-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-silan
- Diphenyl-bis(1-indenyl)-silan
- 10 Diphenyl-bis[1-(2-methyl-indenyl)]-silan  
 Diphenyl-bis[1-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)]-silan  
 Diphenyl-bis[1-(2-methyl-4-naphthyl-indenyl)]-silan  
 Diphenyl-bis[1-(2-methyl-4-(2,3-dimethyl-phenyl)-indenyl)]-silan
- 15 1,2-bis-[1-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)]-ethan  
 1,2-bis-[1-(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)]-ethan  
 1,2-bis-[1-(2-methyl-4-(2,3-dimethylphenyl)-indenyl)]-ethan  
 1,2-bis-[1-(2-cyclohexyl-4-phenyl-indenyl)]-ethan  
 1,2-bis-[1-(2-methyl-4-(3,5-bis(trifluormethyl)phenyl-indenyl)]-ethan  
 1,2-bis(fluorenyl)-ethan
- 20 1,2-bis(2,3,5-trimethyl-cyclopentadienyl)ethan  
 1,2-bis(2-methyl-4-tert.-butyl-cyclopentadienyl)ethan
- 1,2-bis-[1-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)]-butan  
 1,2-bis-[1-(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)]-butan  
 1,2-bis-[1-(2-methyl-4-(2-naphthyl)-indenyl)]-butan  
 1,2-bis-[1-(2-ethyl-4-(3,5-bis(trifluormethyl)phenyl-indenyl)]-butan
- 25 2,2-bis-[1-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)]-propan  
 2,2-bis-[1-(2-methyl-4-(2,3-dimethyl-phenyl-indenyl)]-zirkoniumdimethyl  
 2,2-bis-[1-(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)]-propan  
 2,2-bis-[1-(2-cyclohexyl-4-phenyl-indenyl)]-propan

- 2,2-bis-[1-(2-methyl-4-(3,5-bis(trifluormethyl)phenyl-indenyl)]-propan  
 2,2-bis(fluorenyl)-propan  
 2-(indenyl)-2-(fluorenyl)-propan  
 2-(cyclopentadienyl)-2-(fluorenyl)-propan  
 5 2-(cyclopentadienyl)-2-(indenyl)-propan
- [4-(Cyclopentadienyl)-4,6,6-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydropentalen)]  
 [4-(3'-Trimethylsilyl-cyclopentadienyl)-4,6,6-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydropentalen)]
- 10 [4-(3'-Isopropyl-cyclopentadienyl)-4,6,6-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydropentalen)]  
 [4-(Fluorenyl)-4-methyl-6-phenyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydropentalen)]  
 [4-(Indenyl)-4-methyl-6-phenyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydropentalen)]  
 [4-(Cyclopentadienyl)-4,7,7-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydropentalen)]  
 [4-(3'-tert.-Butyl-cyclopentadienyl)-4,7,7-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydropentalen)]  
 15 [4-(3'-Isopropyl-cyclopentadienyl)-4,7,7-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydropentalen)]  
 [4-(3'-Trimethylsilyl-cyclopentadienyl)-4,7,7-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydropentalen)]  
 [4-(3'-Methyl-cyclopentadienyl)-4,7,7-trimethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydropentalen)]  
 [4-(3'-Methyl-cyclopentadienyl)-2,4,7,7-tetramethyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydropentalen)]  
 Dimethyl-(tert.-butylamido)-(tetramethyl- $\eta^5$ -cyclopentadienyl)-silan
- 20 1-(tert.-Butylamido)-2-(tetramethyl- $\eta^5$ -cyclopentadienyl)-ethan  
 Dimethyl-(methylamido)-(tetramethyl- $\eta^5$ -cyclopentadienyl)-silan  
 1-(Methylamido)-2-(tetramethyl- $\eta^5$ -cyclopentadienyl)-ethan  
 Dimethyl-(tert.-butylamido)-(2,4-dimethyl-2,4-pentadienyl)-silan  
 [1-(Bis(1H-inden-1-yliden)methylsilyl)-3- $\eta^5$ -cyclopenta-2,4-dien-1-yliden)-3- $\eta^5$ -9H-fluoren-9-yliden)butan]
- 25

Die Herstellung von Metallocenen erfolgt nach dem erfindungsgemäßen Verfahren bevorzugt durch Deprotonierung von geeigneten Ligand-Ausgangsverbindungen, wie beispielsweise Verbindungen der Formel (III), mit Basen in einem inerten Lösungsmittel oder Lösungsmittelgemisch und anschließender Umsetzung mit einem Addukt der Formel (I), welches separat dargestellt und als isolierte

Verbindung eingesetzt werden kann, oder alternativ bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in situ generiert werden kann. Bevorzugt werden Metallocene der Formel (II) aus Ligand-Ausgangsverbindungen der Formel (III) hergestellt, wie in folgendem Reaktionsschema in nicht einschränkender Weise erläutert.



wobei A, k, R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, m, m', M<sup>1</sup>, M<sup>2</sup>, X, n, D, a, L<sup>1</sup> und I definiert sind wie in Formel (I) und (II).

Nicht einschränkende Beispiele für geeignete Basen sind Organolithium-Verbindungen wie n-Butyllithium, sec.-Butyllithium, tert.-Butyllithium, Methylolithium, Organomagnesium-Verbindungen wie Dibutylmagnesium, Butyloctyl-magnesium, Grignard-Verbindungen, Alkalimetalle wie Natrium, Kalium, Alkalimetallhydride wie Lithiumhydrid, Natriumhydrid, Kaliumhydrid oder Alkalimetallamide wie Lithiumamid, Natriumamid, Kaliumamid, Natriumhexamethyldisilazid, Kaliumhexamethyldisilazid, Lithiumhexamethyl-disilazid, Lithiumdiisopropylamid, Lithiumdiethylamid.

Geeignete inerte Lösungsmittel sind aliphatische oder aromatische Kohlenwasserstoffe wie beispielsweise Toluol, Xylol, Benzol, Mesitylen, Pentan, Hexan, Heptan, Cyclohexan, halogenierte Kohlenwasserstoffen wie beispielsweise 1,2-Dichlorethan, o-Dichlorbenzol, Trichloethylen, Dichlormethan, Ether wie beispielsweise Diethylether, Dibutylether, Methyl-tert.-butylether, Anisol, THF, Dioxan, 1,2-Dimethoxyethan (DME), Diglyme sowie beliebige Gemische aus diesen.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird im allgemeinen in einem Temperaturbereich von -120°C bis +300°C durchgeführt, bevorzugt in einem Temperaturbereich von -78°C bis +150°C, besonders bevorzugt bei einer Temperatur zwischen 0°C und 120°C.

Das molare Verhältnis zwischen den oben beschriebenen geeigneten Basen und Ligand-Ausgangsverbindungen wie beispielsweise Verbindungen der Formel (III) liegt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren im allgemeinen zwischen 10 und 0.1, bevorzugt zwischen 4 und 0.5, besonders bevorzugt zwischen 3 und 0.8.

Das molare Verhältnis zwischen Addukten der Formel (I) und Ligand-Ausgangsverbindungen wie beispielsweise Verbindungen der Formel (III) liegt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren im allgemeinen zwischen 100 und 0.01, bevorzugt zwischen 10 und 0.1.

Die Konzentration an Ligand-Ausgangsverbindungen in der Reaktionsmischung liegt im allgemeinen zwischen 0,0001 mol/l und 8 mol/l, bevorzugt im Bereich 0,01 mol/l und 3 mol/l, besonders bevorzugt zwischen 0,1 mol/l und 2 mol/l.

Bei Addukten der Formel (I) können unter den Reaktionsbedingungen gebildet und ohne Isolierung weiter umgesetzt werden. Bevorzugt werden die Addukte der Formel (I) separat hergestellt und als isolierte Verbindungen im erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzt.

Die Reaktionsdauer liegt im allgemeinen zwischen 5 Minuten und 1 Woche, bevorzugt im Bereich zwischen 15 Minuten und 48 Stunden.

Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbaren Metallocene sind hochaktive Katalysatorkomponenten für die Olefinpolymerisation. Je nach Substitutionsmuster der Liganden können die Metallocene als Isomerenmisch-

anfallen. Die Metallocene werden für die Polymerisation bevorzugt isomerenrein eingesetzt. Die Verwendung des Racemats ist in den meisten Fällen ausreichend.

Verwendet werden kann aber auch das reine Enantiomere in der (+)- oder (-)-Form.  
 5 Mit den reinen Enantiomeren ist ein optisch aktives Polymer herstellbar. Getrennt werden sollten jedoch die konfigurationsisomeren Formen der Metallocene, da das polymerisationsaktive Zentrum (das Metallatom) in diesen Verbindungen meist ein Polymer mit anderen Eigenschaften erzeugt. Für bestimmte Anwendungen, beispielsweise weiche Formkörper, kann dies durchaus wünschenswert sein.

Die in dem erfindungsgemäßen Verfahren erhaltenen Metallocene, insbesondere Metallocene der Formel (II) eignen sich zur Herstellung eines Polyolefins durch Polymerisation von mindestens einem Olefin in Gegenwart eines Katalysators der mindestens einen Kokatalysator und mindestens ein Metallocen enthält. Unter dem Begriff Polymerisation wird eine Homopolymerisation wie auch eine Copolymerisation verstanden.

Die in dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Metallocene, insbesondere Metallocene der Formel (II) können zur Polymerisation eines oder mehrere Olefine der Formel  $R^a-CH=CH-R^b$  verwendet werden, worin  $R^a$  und  $R^b$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom oder einen Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 C-Atomen, insbesondere 1 bis 10 C-Atomen, bedeuten, und  $R^a$  und  $R^b$  zusammen mit den sie verbindenden Atomen einen oder mehrere Ringe bilden können. Beispiele für solche Olefine sind 1-Olefine mit 2 bis 40, bevorzugt 2-10 C-Atomen, wie Ethylen, Propylen, 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen, 4-Methyl-1-penten oder 1-Octen, Styrol, Diene wie 1,3-Butadien, Isopren, 1,4-Hexadien oder cyclische Olefine wie Norbornen oder Ethylidennorbornen.

Bevorzugt werden Ethylen oder Propylen homopolymerisiert, oder Ethylen mit einem oder mehreren cyclischen Olefinen, wie Norbornen, und/oder einem oder mehreren acyclischen 1-Olefinen mit 3 bis 20 C-Atomen, wie Propylen, und/oder einem oder mehreren Dienen mit 4 bis 20 C-Atomen, wie 1,3-Butadien oder 1,4-Hexadien,

copolymerisiert. Beispiele solcher Copolymere sind Ethylen/Norbornen-Copolymere, Ethylen/Propylen-Copolymere und Ethylen/Propylen/ 1,4-Hexadien-Copolymere.

Die Polymerisation wird bevorzugt bei einer Temperatur von -60 bis 250 C, besonders bevorzugt 50 bis 200 C, durchgeführt. Der Druck beträgt bevorzugt 0,5 bis 2000 bar, besonders bevorzugt 5 bis 64 bar.

Die Polymerisation kann in Lösung, in Masse, in Suspension oder in der Gasphase, kontinuierlich oder diskontinuierlich, ein- oder mehrstufig durchgeführt werden. Eine bevorzugte Ausführungsform ist die Gasphasen- und Lösungspolymerisation.

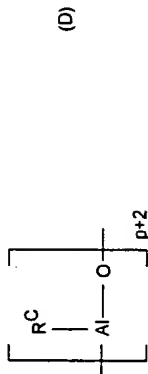
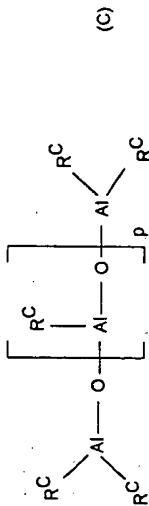
Bevorzugt enthält der eingesetzte Katalysator eine Metallocenverbindung. Es können auch Mischungen zweier oder mehrerer Metallocenverbindungen eingesetzt werden, z.B. zur Herstellung von Polyolefinen mit breiter oder multimodaler Molmassenverteilung.

Prinzipiell ist als Kokatalysator jede Verbindung geeignet, die aufgrund ihrer Lewis-Acidität das neutrale Metallocen in ein Kation überführen und dieses stabilisieren kann ("labile Koordination"). Darüber hinaus sollte der Kokatalysator oder das auf ihm gebildete Anion keine weiteren Reaktionen mit dem gebildeten Metallocenkation eingehen (EP 427 697). Als Kokatalysator wird bevorzugt eine Aluminiumverbindung und/oder eine Borverbindung verwendet.

Die Borverbindung hat bevorzugt die Formel  $R^1NH_2BR^2$ ,  $R^1PH_2BR^2$ ,  $R^3CBR^2$ , oder  $BR^3$ , worin x eine Zahl von 1 bis 4, bevorzugt 3, bedeutet, die Reste  $R^a$  gleich oder verschieden, bevorzugt gleich sind, und  $C_{1-10}$ -Alkyl oder  $C_6-C_{18}$ -Aryl sind, oder zwei Reste  $R^a$  zusammen mit dem sie verbindenden Atomen einen Ring bilden, und die Reste  $R^b$  gleich oder verschieden, bevorzugt gleich sind, und  $C_6-C_{18}$ -Aryl sind, das durch Alkyl, Haloalkyl oder Fluor substituiert sein kann. Insbesondere steht  $R^a$  für Ethyl, Propyl, Butyl oder Phenyl und  $R^b$  für Phenyl, Pentafluorphenyl, 3,5-Bis(trifluormethyl)phenyl, Mesityl, Xylol oder Toly (EP 277 003, EP 277 004 und EP 426 638).

Bevorzugt wird als Kokatalysator eine Aluminiumverbindung wie Aluminoxan und/oder ein Aluminiumalkyl eingesetzt.

- 5 Besonders bevorzugt wird als Kokatalysator ein Aluminoxan, insbesondere der Formel C für den linearen Typ und/oder der Formel D für den cyclischen Typ verwendet,



- 10 wobei in den Formeln C und D die Reste  $\text{R}^{\text{C}}$  gleich oder verschieden sind und Wasserstoff oder eine  $\text{C}_1\text{-C}_{20}$ -Kohlenwasserstoffgruppe wie eine  $\text{C}_1\text{-C}_{18}$ -Alkylgruppe, eine  $\text{C}_6\text{-C}_{18}$ -Arylgruppe oder Benzyl bedeuten, und p eine ganze Zahl von 2 bis 50, bevorzugt 10 bis 35 bedeutet.

- 15 Bevorzugt sind die Reste  $\text{R}^{\text{C}}$  gleich und bedeuten Wasserstoff, Methyl, Isobutyl, Phenyl oder Benzyl, besonders bevorzugt Methyl.

Sind die Reste  $\text{R}^{\text{C}}$  verschieden, so sind sie bevorzugt Methyl und Wasserstoff oder alternativ Methyl und Isobutyl, wobei Wasserstoff oder Isobutyl bevorzugt in einem zahlenmäßigen Anteil von 0,01 bis 40 % (der Reste  $\text{R}^{\text{C}}$ ) enthalten sind.

Die Verfahren zur Herstellung der Aluminoxane sind bekannt. Die genaue räumliche Struktur der Aluminoxane ist nicht bekannt (J. Am. Chem. Soc. (1993) 115, 4971).

Beispielsweise ist denkbar, daß sich Ketten und Ringe zu größeren zweidimensionalen oder dreidimensionalen Strukturen verbinden.

- 5 Unabhängig von der Art der Herstellung ist allen Aluminoxanlösungen ein wechselnder Gehalt an nicht umgesetzter Aluminiumausgangsverbindung, die in freier Form oder als Addukt vorliegt, gemeinsam.

- Es ist möglich, die Metallocenverbindung vor dem Einsatz in der Polymerisationsreaktion mit einem Kokatalysator, insbesondere einem Aluminoxan vorzuaktivieren. Dadurch wird die Polymerisationsaktivität deutlich erhöht. Die Voraktivierung der Metallocenverbindung wird vorzugsweise in Lösung vorgenommen. Bevorzugt wird dabei die Metallocenverbindung in einer Lösung des Aluminoxans in einem inerten Kohlenwasserstoff aufgelöst. Als inerte Kohlenwasserstoff eignet sich ein aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoff. Bevorzugt wird Toluol verwendet.
- 15

Die Konzentration des Aluminoxans in der Lösung liegt im Bereich von ca.

1 Gew.-% bis zur Sättigungsgrenze, vorzugsweise von 5 bis 30 Gew.-%, jeweils

bezogen auf die Gesamtlösungsmenge. Das Metallocen kann in der gleichen

- 20 Konzentration eingesetzt werden, vorzugsweise wird es jedoch in einer Menge von  $10^{-4}$  bis 1 mol pro mol Aluminoxan eingesetzt. Die Voraktivierungsdauer beträgt 5 Minuten bis 60 Stunden, vorzugsweise 5 bis 60 Minuten. Man arbeitet bevorzugt bei einer Temperatur von  $-78^\circ$  bis  $100^\circ\text{C}$ , vorzugsweise  $0^\circ$  bis  $80^\circ\text{C}$ .

- 25 Die Metallocenverbindung wird bevorzugt in einer Konzentration, bezogen auf das Übergangsmetall, von  $10^{-3}$  bis  $10^{-6}$ , vorzugsweise  $10^{-4}$  bis  $10^{-7}$  mol Übergangsmetall pro  $\text{dm}^3$  Lösemittel bzw. pro  $\text{dm}^3$  Reaktorvolumen angewendet. Das Aluminoxan, wird bevorzugt in einer Konzentration von  $10^{-6}$  bis  $10^{-1}$  mol, vorzugsweise  $10^{-5}$  bis  $10^{-2}$  mol pro  $\text{dm}^3$  Lösemittel bzw. pro  $\text{dm}^3$  Reaktorvolumen verwendet. Die anderen genannten Kokatalysatoren werden in etwa äquimolaren Mengen zu der Metallocenverbindung verwendet. Prinzipiell sind aber auch höhere Konzentrationen möglich.
- 30

Das Aluminoxan kann auf verschiedene Arten nach bekannten Verfahren hergestellt werden. Eine der Methoden ist beispielsweise, daß eine Aluminiumkohlenwasserstoffverbindung und/oder ein Hydroaluminiumkohlenwasserstoffverbindung mit Wasser (gasförmig, fest, flüssig oder gebunden - beispielsweise als Kristallwasser) in einem inerten Lösungsmittel (wie beispielsweise Toluol) umgesetzt wird. Zur Herstellung eines Aluminoxans mit verschiedenen Resten  $R^C$  werden beispielsweise entsprechend der gewünschten Zusammensetzung zwei verschiedene Aluminiumtrialkyle mit Wasser umgesetzt.

10

Zur Entfernung von im Olefin vorhandenen Katalysatorgiften ist eine Reinigung mit einer Aluminiumverbindung, bevorzugt einem Aluminiumalkyl, wie Trimethylaluminium oder Triethylaluminium, vorteilhaft. Diese Reinigung kann sowohl im Polymerisationssystem selbst erfolgen, oder das Olefin wird vor der Zugabe in das Polymerisationssystem mit der Aluminiumverbindung in Kontakt gebracht und anschließend wieder abgetrennt.

15

Als Molmassenregler und/oder zur Steigerung der Katalysatoraktivität kann in dem erfindungsgemäßen Verfahren Wasserstoff zugegeben werden. Hierdurch können niedermolekulare Polyolefine wie Wachse erhalten werden.

20

Bevorzugt wird die Metalloccenverbindung mit dem Kokatalysator außerhalb des Polymerisationsreaktors in einem separaten Schritt unter Verwendung eines geeigneten Lösemittels umgesetzt. Dabei kann eine Trägerung vorgenommen werden.

25

Im dem Verfahren zur Herstellung eines Polyolefins kann mit Hilfe der Metalloccenverbindung eine Vorpolymerisation erfolgen. Zur Vorpolymerisation wird bevorzugt das (oder eines der) in der Polymerisation eingesetzte(n) Olefin(e) verwendet.

30

Der eingesetzte Katalysator kann geträgert sein. Durch die Trägerung läßt sich beispielsweise die Kornmorphologie des hergestellten Polyolefins steuern. Dabei

kann die Metalloccenverbindung zunächst mit dem Träger und anschließend mit dem Kokatalysator umgesetzt werden. Es kann auch zunächst der Kokatalysator geträgert werden und anschließend mit der Metalloccenverbindung umgesetzt werden. Auch ist es möglich das Reaktionsprodukt von Metalloccenverbindung und Kokatalysator zu tragen. Geeignete Trägermaterialien sind beispielsweise Silikagele, Aluminiumoxide, festes Aluminoxan oder andere anorganische Trägermaterialien wie beispielsweise Magnesiumchlorid. Ein geeignetes Trägermaterial ist auch ein Polyolefinpulver in feinverteilter Form. Die Herstellung des geträgerten Kokatalysators kann beispielsweise wie in EP 567 952 beschrieben durchgeführt werden.

10

Vorzugsweise wird der Kokatalysator, z.B. Aluminoxan, auf einen Träger wie beispielsweise Silikagele, Aluminiumoxide, festes Aluminoxan, andere anorganische Trägermaterialien oder auch ein Polyolefinpulver in feinverteilter Form aufgebracht und dann mit dem Metalloccen umgesetzt.

15

Als anorganische Träger können Oxide eingesetzt werden, die flammenpyrolytisch durch Verbrennung von Element-Halogeniden in einer Knallgas-Flamme erzeugt wurden, oder als Kieselgele in bestimmten Korngrößen-Verteilungen und Kornformen herstellbar sind.

20

Die Herstellung des geträgerten Kokatalysators kann beispielsweise wie in EP 578 838 beschrieben in der folgenden Weise in einem Edelsahl-Reaktor in explosionsgeschützter Ausführung mit einem Umpumpsystem der Druckstufe 60 bar, mit Inertgasversorgung, Temperierung durch Mantelkühlung und zweitem Kühlkreislauf über einen Wärmetauscher am Umpumpsystem erfolgen. Das Umpumpsystem saugt den Reaktorinhalt über einen Anschluß im Reaktorboden mit einer Pumpe an und drückt ihn in einen Mischer und durch eine Steigleitung über einen Wärmetauscher in den Reaktor zurück. Der Mischer ist so gestaltet, daß sich in dem Zulauf ein verengter Rohrquerschnitt befindet, wo eine erhöhte

30

Strömungsgeschwindigkeit entsteht, und in dessen Turbulenzzone axial entgegen der Strömungsrichtung eine dünne Zuleitung geführt ist, durch welche -

getaktet - jeweils eine definierte Menge Wasser unter 40 bar Argon eingespeist werden kann. Die Kontrolle der Reaktion erfolgt über einen Probennehmer am Umpumpkreislauf.

5 Im Prinzip sind jedoch auch andere Reaktoren geeignet.

Im vorstehend beschriebenen Reaktor mit 16 dm<sup>3</sup> Volumen werden 5 dm<sup>3</sup> Decan unter Inertbedingungen vorgelegt. 0,5 dm<sup>3</sup> (=5,2 mol) Trimethylaluminium werden bei 25 C zugefügt. Danach werden 250 g Kieselgel SD 3216-30 (Grace AG), welche vorher bei 120 C in einem Argonfließbett getrocknet wurden, durch einen Feststofftrichter in den Reaktor eindosiert und mit Hilfe des Rührers und des Umpumpsystems homogen verteilt. Eine Gesamtmenge von 76,5 g Wasser wird in Portionen von 0,1 cm<sup>3</sup> während 3,25 Stunden jeweils alle 15 Sekunden in den Reaktor gegeben. Der Druck, herrührend vom Argon und den entwickelten Gasen, wird durch ein Druckregelventil konstant bei 10 bar gehalten. Nachdem alles Wasser eingebracht worden ist, wird das Umpumpsystem abgeschaltet und das Rühren noch 5 Stunden bei 25 C fortgesetzt.

Der in dieser Weise hergestellte geträgerte Cokatalysator wird als eine 10 %ige Suspension in n-Decan eingesetzt. Der Aluminiumgehalt ist 1,06 mmol Al pro cm<sup>3</sup> Suspension. Der isolierte Feststoff enthält 31 Gew.-% Aluminium, das Suspensionsmittel enthält 0,1 Gew.-% Aluminium.

Weitere Möglichkeiten der Herstellung eines geträgerten Cokatalysators sind in EP 578 838 beschrieben.

Danach wird das erfindungsgemäße Metalloccen auf den geträgerten Cokatalysator aufgebracht, indem das gelöste Metalloccen mit dem geträgerten Cokatalysator gerührt wird. Das Lösemittel wird entfernt und durch einen Kohlenwasserstoff ersetzt, in dem sowohl Cokatalysator als auch das Metalloccen unlöslich sind.

Die Reaktion zu dem geträgerten Katalysatorsystem erfolgt bei einer Temperatur von -20 bis +120°C, bevorzugt 0 bis 100°C, besonders bevorzugt bei 15 bis 40°C. Das Metalloccen wird mit dem geträgerten Cokatalysator in der Weise umgesetzt, daß der Cokatalysator als Suspension mit 1 bis 40 Gew.-%, bevorzugt mit 5 bis 20 Gew.-% in einem aliphatischen, inerten Suspensionsmittel wie n-Decan, Hexan, Heptan, Dieselöl mit einer Lösung des Metalloccens in einem inerten Lösungsmittel wie Toluol, Hexan, Heptan, Dichlormethan oder mit dem feingemahlten Feststoff des Metalloccens zusammengebracht wird. Umgekehrt kann auch eine Lösung des Metalloccens mit dem Feststoff des Cokatalysators umgesetzt werden.

10 Die Umsetzung erfolgt durch intensives Mischen, beispielsweise durch Verühren bei einem molaren Al/M<sup>1</sup>-Verhältnis von 100/1 bis 10000/1, bevorzugt von 100/1 bis 3000/1 sowie einer Reaktionszeit von 5 bis 120 Minuten, bevorzugt 10 bis 60 Minuten, besonders bevorzugt 10 bis 30 Minuten unter inerten Bedingungen.

15 Im Laufe der Reaktionszeit zur Herstellung des geträgerten Katalysatorsystems treten insbesondere bei der Verwendung der erfindungsgemäßen Metalloccene mit Absorptionsmaxima im sichtbaren Bereich Veränderungen in der Farbe der Reaktionsmischung auf, an deren Verlauf sich der Fortgang der Reaktion verfolgen läßt.

20 Nach Ablauf der Reaktionszeit wird die übersiehende Lösung abgetrennt, beispielsweise durch Filtration oder Dekantieren. Der zurückbleibende Feststoff wird 1- bis 5-mal mit einem inerten Suspensionsmittel wie Toluol, n-Decan, Hexan, Dieselöl, Dichlormethan zur Entfernung löslicher Bestandteile im gebildeten Katalysator, insbesondere zur Entfernung von nicht umgesetzten und damit löslichem Metalloccen, gewaschen.

25 Das so hergestellte geträgerte Katalysatorsystem kann im Vakuum getrocknet als Pulver oder noch Lösemittel behaftet wieder resuspendiert und als Suspension in einem der vorgenannten inerten Suspensionsmittel in das Polymerisationssystem eindosiert werden.

Wenn die Polymerisation als Suspensions- oder Lösungspolymerisation durchgeführt wird, wird ein für das Ziegler-Niederdruckverfahren gebräuchliches inertes Lösemittel verwendet. Beispielsweise arbeitet man in einem aliphatischen oder cycloaliphatischen Kohlenwasserstoff, als solcher sei beispielsweise Propan, Butan, Hexan, Heptan, Isooctan, Cyclohexan, Methylcyclohexan, genannt. Weiterhin kann eine Benzin- bzw. hydrierte Dieselölfraction benutzt werden. Brauchbar ist auch Toluol. Bevorzugt wird im flüssigen Monomeren polymerisiert.

Vor der Zugabe des Katalysators, insbesondere des geträgerten Katalysatorsystems (enthaltend das erfindungsgemäße Metallocen und einen geträgerten Kokatalysator) kann zusätzlich eine andere Aluminiumalkylverbindung wie beispielsweise Trimethylaluminium, Triethylaluminium, Triisobutylaluminium, Triocetylaluminium oder Isoprenylaluminium zur Inertisierung des Polymerisationssystems (beispielsweise zur Abtrennung vorhandener Katalysatorgifte im Olefin) in den Reaktor gegeben werden. Diese wird in einer Konzentration von 100 bis 0,01 mmol Al pro kg Reaktorinhalt dem Polymerisationssystem zugesetzt. Bevorzugt werden Triisobutylaluminium und Triethylaluminium in einer Konzentration von 10 bis 0,1 mmol Al pro kg Reaktorinhalt. Dadurch kann bei der Synthese eines geträgerten Katalysatorsystems das molare Al/M<sup>1</sup>-Verhältnis klein gewählt werden. Werden inerte Lösemittel verwendet, werden die Monomeren gasförmig oder flüssig zudosiert.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß unter Verwendung der Addukte der Formel (I) Metallocene in hoher Ausbeute hergestellt werden können und nach diesem Verfahren auch neue Metallocene zugänglich sind. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich außerdem durch eine große Anwendungsbreite aus, so daß strukturell verschiedenartige Metallocentypen synthetisiert werden können, insbesondere auch sterisch anspruchsvolle Verbindungen.

Die Erfindung wird durch folgende, die Erfindung jedoch nicht einschränkende Beispiele erläutert.

Allgemeine Angaben: Herstellung und Handhabung der Verbindungen erfolgte unter Ausschluß von Luft und Feuchtigkeit unter Argon (Schlenk-Technik). Alle benötigten Lösungsmittel wurden vor Gebrauch durch mehrstündiges Sieden über geeigneten Trockenmitteln und anschließende Destillation unter Argon absolutiert.

#### Beispiel 1. Zirkoniumtetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Addukt

Eine Suspension von 18,5 g (80 mmol) Zirkoniumtetrachlorid in 250 ml Dichlormethan wird bei Raumtemperatur mit 7,2 g (80 mmol) 1,2-Dimethoxyethan versetzt und 1 Stunde bei dieser Temperatur gerührt. Anschließend wird filtriert und das Filtrat bei -30°C mit 100 ml Pentan versetzt und 5 Stunden bei dieser Temperatur gelagert. Der Rückstand wird abfiltriert, mit Pentan gewaschen und im Vakuum getrocknet. Man erhält 22 g (85%) Zirkoniumtetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Addukt.

#### Beispiel 1a. Hafniumtetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Addukt

Das entsprechende Hafniumtetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Addukt wird analog Beispiel 1. hergestellt.

#### Beispiel 1b. Zirkoniumtetrachlorid-(1,2-S,S-Dimethylthioglykol)-Addukt

Das entsprechende Zirkoniumtetrachlorid-(1,2-S,S-Dimethylthioglykol)-Addukt wird analog Beispiel 1. unter Verwendung von 1,2-S,S-Dimethylthioglykol hergestellt.



## Beispiel 1c. Titanatetrachlorid-DME-Addukt

Eine Lösung von 19 g (100 mmol) Titanatetrachlorid in 250 ml Dichlormethan wird bei 0°C mit 9.0 g (100 mmol) 1,2-Dimethoxyethan versetzt und 1 Stunde bei Raumtemperatur nachgerührt. Anschließend wird das Lösungsmittel abgezogen, und man erhält 24 g (86%) Titanatetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Addukt als gelben Feststoff.

## Beispiel 2. Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(2-methylphenyl)indenyl)-zirkoniumdichlorid

Eine Lösung von 1 g (2 mmol) Dimethylbis(2-methyl-4-(2-methylphenyl)indenyl)silan in 20 ml Toluol und 1 ml THF wird mit 1.5 ml (4 mmol) einer 2,66 molare Lösung von n-BuLi in Toluol versetzt und 2 Stunden bei 80 °C nachgerührt. Nach beendeter Deprotonierung läßt man auf 40°C abkühlen, gibt 0,65 g (2 mmol) Zirkoniumtetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Addukt hinzu und läßt 2 Stunden bei dieser Temperatur nachrühren. Das Lösungsmittel wurde dann entfernt und der Rückstand mit 100 ml Dichlormethan extrahiert. Nach Abziehen des Dichlormethans verbleibt der Rohkomplex, der durch Umkristallisation aus Toluol weiter aufgereinigt wird. Man erhält 850 mg (65%) des reinen Metallocens (rac/meso 1:1).

<sup>1</sup>H-NMR (300 MHz, CDCl<sub>3</sub>): 7.58-6.90 (m, 16H), 2.49-2.20 (m, 12H), 1.51-1.27 (m, 6H).

## Beispiel 3. Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(2,3-dimethylphenyl)indenyl)-zirkoniumdichlorid

Die Synthese von Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(2,3-dimethylphenyl)indenyl)-zirkonium-dichlorid wurde entsprechend Beispiel 2. unter Verwendung des

Zirkoniumtetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Adduktes durchgeführt, und der Komplex wurde in 61% Ausbeute isoliert.

<sup>1</sup>H-NMR (300 MHz, CDCl<sub>3</sub>): 7.54-6.8 (m, 14H), 2.48-2.22 (m, 18H), 1.50-1.25 (m, 6H).

## Beispiel 4. Dimethylsilandiylbis(2-cyclohexyl-4-phenyl-indenyl)-zirkoniumdichlorid

Die Synthese von Dimethylsilandiylbis(2-cyclohexyl-4-phenyl-indenyl)-zirkoniumdichlorid wurde entsprechend Beispiel 2. unter Verwendung des

Zirkoniumtetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Adduktes durchgeführt. Der Komplex wurde in 59% Ausbeute isoliert.

<sup>1</sup>H-NMR (300MHz, CDCl<sub>3</sub>): 7.65-7.06 (m, 16 H), 6.92 (s, 2 H), 2.88-2.75 (m, 2 H), 2.00-0.95 (m, 20 H), 1.49-1.28 (m, 6 H).

## Beispiel 4a. Dimethylsilandiylbis(2-cyclohexyl-4-phenyl-indenyl)-zirkoniumdichlorid

Die Synthese von Dimethylsilandiylbis(2-cyclohexyl-4-phenyl-indenyl)-

zirkoniumdichlorid wurde entsprechend Beispiel 2. unter Verwendung des analogen Zirkoniumtetrachlorid-(1,2-S,S-Dimethylthioglykol)-Adduktes durchgeführt. Der Komplex wurde in 49% Ausbeute isoliert.

<sup>1</sup>H-NMR (300MHz, CDCl<sub>3</sub>): 7.65-7.06 (m, 16 H), 6.92 (s, 2 H), 2.88-2.75 (m, 2 H), 2.00-0.95 (m, 20 H), 1.49-1.28 (m, 6 H).

## Vergleichsbeispiel zu 4. Dimethylsilandiylbis(2-cyclohexyl-4-phenyl-indenyl)-zirkoniumdichlorid

In einem Vergleichsexperiment wurde in der Komplexsynthese von Beispiel 4. Zirkoniumtetrachlorid anstelle des Zirkoniumtetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Adduktes verwendet. In diesem Fall konnte kein Komplex isoliert werden.

Beispiel 5. Dimethylsilyldiylbis(2-cyclohexyl-4-phenyl-indenyl)-hafniumdichlorid

Die Synthese von Dimethylsilyldiylbis(2-cyclohexyl-4-phenyl-indenyl)-hafniumdichlorid wurde entsprechend Beispiel 2. unter Verwendung des analogen Hafniumtetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Adduktes durchgeführt. Der Komplex wurde in 60% Ausbeute isoliert.

<sup>1</sup>H-NMR (300MHz, CDCl<sub>3</sub>): 7.67-7.01 (m, 16 H), 6.92 (s, 2 H), 2.88-2.75 (m, 2 H), 2.00-0.95 (m, 20 H), 1.45-1.25 (m, 6 H).

Beispiel 6. Dimethylsilyldiylbis(2-methyl-4-(2,4,6-trimethylphenyl)indenyl)-zirkoniumdichlorid

Die Synthese von Dimethylsilyldiylbis(2-methyl-4-(2,4,6-trimethylphenyl)indenyl)-zirkoniumdichlorid wurde entsprechend Beispiel 2. unter Verwendung des Zirkoniumtetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Adduktes durchgeführt. Der Komplex wurde in 50% Ausbeute isoliert.

<sup>1</sup>H-NMR (300 MHz, CDCl<sub>3</sub>): 7.55-6.82 (m, 12H), 2.47-2.23 (m, 24H), 1.51-1.26 (m, 6H).

Beispiel 7. Dimethylsilyldiylbis(2,4-diphenyl-indenyl)-zirkoniumdichlorid

Die Synthese von Dimethylsilyldiylbis(2,4-diphenyl-indenyl)-zirkoniumdichlorid wurde entsprechend Beispiel 2. unter Verwendung des Zirkoniumtetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Adduktes durchgeführt. Der Komplex wurde in 57% Ausbeute isoliert.

<sup>1</sup>H-NMR (300MHz, CDCl<sub>3</sub>): 7.81-6.91(m, 26H), 6.75/6.69 (s, 2H), 1.45/0.41(d, 6H, meso), 0.87 (s, 6H, rac).

Beispiel 8. Dimethylsilyldiylbis(2-isopropyl-4-phenyl-indenyl)-zirkoniumdichlorid

Die Synthese von Dimethylsilyldiylbis(2-isopropyl-4-phenyl-indenyl)-

zirkoniumdichlorid wurde entsprechend Beispiel 2. unter Verwendung des

Zirkoniumtetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Adduktes durchgeführt. Der Komplex wurde in 51% Ausbeute isoliert.

<sup>1</sup>H-NMR (300MHz, CDCl<sub>3</sub>): 7.70-7.03 (m, 18H), 3.20 (sept., 2H), 1.41 (s, 6H), 1.13 (m, 12H).

Beispiel 9. Dimethylsilyldiyl-(tert.-butylamido)-(tetramethyl- $\eta^5$ -cyclopentadienyl)-titandichlorid

Die Synthese von Dimethylsilyldiyl-(tert.-butylamido)-(tetramethyl- $\eta^5$ -

cyclopentadienyl)-titandichlorid wurde entsprechend Beispiel 2. unter Verwendung des Titan-tetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Adduktes durchgeführt. Der Komplex wurde in 61% Ausbeute isoliert.

<sup>1</sup>H-NMR (300MHz, CDCl<sub>3</sub>): 2.06 (s, 6H), 1.94 (s, 6H), 1.58 (s, 9H), 0.30 (s, 6H).

Beispiel 9a. Dimethylsilyldiyl-(tert.-butylamido)-(tetramethyl- $\eta^5$ -cyclopentadienyl)-titandichlorid

Eine Lösung von 1 g (3.98 mmol) Dimethyl-(tert.-butylamido)-(tetramethyl-cyclopentadienyl)silan in 45 ml THF wird bei 0°C mit 2,98 ml (8 mmol) n-Butyllithium (2,68 molar in Toluol) versetzt und 1 Stunde bei Raumtemperatur nachgerührt.

Anschließend wird diese zu einer gekühlten (-78°C) Lösung von 1,15 g (3,98 mmol) Titantrichlorid-1,2-Dimethoxyethan-Addukt (TiCl<sub>3</sub>\*1,5DME) in 45 ml THF gegeben und die resultierende Reaktionsmischung langsam auf Raumtemperatur erwärmt.

Nach Zugabe von 1,1 g (3,98 mmol) Blei(II)-chlorid wird die Suspension 12 Stunden nachgerührt. Das Lösungsmittelgemisch wird dann im Vakuum entfernt, der

Rückstand in Dichlormethan aufgenommen und über Celite filtriert. Das Filtrat wird schließlich eingeeengt, mit Pentan versetzt, wodurch in der Kälte das Produkt ausfällt. Nach Entfernen der Mutterlauge isoliert man 0.85 g (59%) des Komplexes.

5

#### Beispiel 10. Dimethylsilyldiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)-titandichlorid

Die Synthese von Dimethylsilyldiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)-titandichlorid wurde entsprechend Beispiel 2. unter Verwendung des Titantetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Adduktes durchgeführt. Der Komplex wurde in 47% Ausbeute isoliert.

10

<sup>1</sup>H-NMR (300MHz, CDCl<sub>3</sub>): 7.89-6.95 (m, 18H), 2.61/2.40 (s, 6H), 1.45 (d, 6H, meso), 1.41 (s, 6H, rac).

15

#### Beispiel 11. [4-( $\eta^5$ -Fluorenyl)-4-methyl-6-phenyl-( $\eta^5$ -4,5,6,7-tetrahydropentalenyl)]-zirkoniumdichlorid

4,7 ml (12,6 mmol) n-Butyllithiums, 20%ig in Toluol, tropfen bei Raumtemperatur zu 2,16 g (6 mmol) 1-Fluorenyl-3-phenyl-1-methyl-1,2,3-trihydropentalen in 50 ml Toluol. Nach 4 stündigem Rühren bei 60°C wird auf 10°C abgekühlt. Zu der so erhaltenen roten Suspension werden 1,94 g (6 mmol) Zirkoniumtetrachlorid-(1,2-Dimethoxyethan)-Addukt zugegeben und 3 h bei Raumtemperatur gerührt. Nach Filtration über Celite wird 2 mal mit je 50 ml heißem (80°C) Toluol nachgewaschen. Durch Einengen der vereinigten Filtrate auf 10 ml, Kühlen auf -30°C, Filtration des ausgefallenen roten Pulvers und Trocknen erhält man 0,970 g (1,9 mmol) Komplex (31%).

25

<sup>1</sup>H-NMR (300MHz, CDCl<sub>3</sub>): 7.99-7.75, 7.52-6.93 (13 H, m, arom. Protonen), 6.32 (1 H, dd, arom. Cp-H), 6.16 (1 H, t, arom. Cp-Proton), 4.45 (1 H, dd, CH<sub>2</sub>), 4.17 (1 H, dd, CH<sub>2</sub>), 3.03 (1 H, dd, CH-Ph), 2.45 (3 H, s, CH<sub>3</sub>).

30

#### Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung eines Metallocens, wobei eine Ligand-Ausgangsverbindung mit einem Addukt der Formel (I) umgesetzt wird,

5



worin M<sup>1</sup> ein Metall der Gruppe 3, 4, 5 oder 6 des Periodensystems der Elemente (PSE) oder ein Element der Gruppe der Lanthanide oder Actinide bedeutet, X gleich oder verschieden, Halogen, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkoxy, C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Aryloxy, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylsulfonat wie Mesylat, Triflat, Nonaflat, C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylsulfonat wie Tosylat, Benzolsulfonat, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylcarboxylat wie Acetat, Formiat, Oxalat oder 1,3-Dicarbonylat wie Acetylacetonat oder fluoriertes 1,3-Dicarbonylat ist, n eine ganze Zahl ist und gleich 2, 3, 4, 5 oder 6 ist und der Oxidationszahl des Metalls M<sup>1</sup> entspricht,

15

a eine ganze oder gebrochene Zahl ist und  $0 < a \leq 4$  ist,

und D ein linearer, cyclischer oder verzweigter und mindestens zwei

Sauerstoffatome enthaltender Oligo- oder Polyether bzw. ein mindestens zwei Schwefelatome enthaltender Oligo- oder Polythioether ist.

20

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, worin die Ligandausgangsverbindung mit einer Base deprotoniert wird.

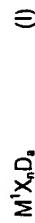
3. Verwendung eines Addukts der Formel I wie in Anspruch 1 definiert, zur Herstellung eines Metallocens.

25

## Zusammenfassung

## Verfahren zur Herstellung von Metallocenen

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Metallocens, wobei eine Ligand-Ausgangsverbindung mit einem Addukt der Formel (I) umgesetzt wird,



10

worin M' ein Metall der Gruppe 3, 4, 5 oder 6 des Periodensystems der Elemente (PSE) oder ein Element der Gruppe der Lanthanide oder Actinide bedeutet, bevorzugt Titan, Zirkonium oder Hafnium, besonders bevorzugt Zirkonium, X gleich oder verschieden, Halogen, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkoxy, C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Aryloxy, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylsulfonat wie Mesylat, Triflat, Nonaflat, C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylsulfonat wie Tosylat, Benzolsulfonat, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylcarboxylat wie Acetat, Formiat, Oxalat oder 1,3-Dicarbonylat wie Acetylacetonat oder fluoriertes 1,3-Dicarbonylat ist, insbesondere Chlor, Brom, besonders bevorzugt Chlor,

n eine ganze Zahl ist und gleich 2, 3, 4, 5 oder 6 ist und der Oxidationszahl des

20 Metalls M' entspricht,

a eine ganze oder gebrochene Zahl ist und  $0 < a \leq 4$  ist und a liegt, bevorzugt zwischen 0,5 und 2,5 ist und insbesondere 1, 1,5 oder 2 ist,

und D ein linearer, cyclischer oder verzweigter und mindestens zwei

Sauerstoffatome enthaltender Oligo- oder Polyether bzw. ein mindestens zwei

25 Schwefelatome enthaltender Oligo- oder Polythioether ist.